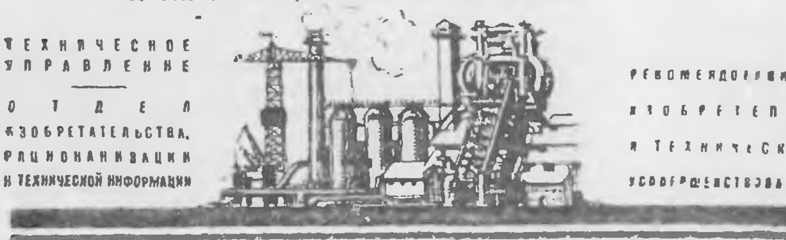
МИНИСТЕРСТВО
СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР



ПЕНОБЕТОН ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

Изобретение Ю. К. Резникова

РИ

668

МОСКВА • 1956

ПЕНОБЕТОН ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

Обычный термоизоляционный пенобетон изготовляется из портландцемента, воды и пенообразователя и представляет собой ячеистый материал, получаемый в результате смешивания пластичной массы вяжущего раствора с особо стойкой и прочной пеной. Объемный вес пенобетона 400—500 *кг/м³*; прочность 5—7 *кг/см²* (по ГОСТ 5742-51).

Вместо портландцемента для изготовления пенобетона применяют и другие виды цементов: глиноземистый, пуццолановый, шлакопортландцемент и др., если они не вызывают осадка ячеистой массы.

Термоизоляционный неавтоклавный пенобетон обладает существенными недостатками. Он имеет малую прочность, что затрудняет транспортировку и монтаж изделий из него.

В случае, если первые 15—20 дней неавтоклавный пенобетон твердеет без достаточного наличия влаги, в нем появляются усадочные трещины, которые в отдельных случаях являются причиной разрушения изделий. Вследствие того, что пенобетон изготовляется преимущественно на чистом цементе, без заполнителей, на его изготовление расходуется большое количество цемента (300—400 *кг/м³*).

Однако введение минеральных или искусственных тонкомолотых заполнителей в состав пенобетонной массы не всегда дает положительные результаты. Некоторые материалы, используемые в качестве заполнителей (трепел, диатомит и т. п.), вызывают трещины в затвердевшем пенобетоне, а добавка молотого песка значительно увеличивает объемный вес материала.

Центральной научно-исследовательской лабораторией Главстроя разработан способ изготовления неавтоклавного термоизоляционного пенобетона повышенной прочности при сокращенном расходе цемента[1].

Указанный эффект достигается за счет введения в пенобетонную массу тонкомолотого известняка в количестве 20—30% от веса цемента.

Тонкомолотый известняк в указанном количестве активно взаимодействует с продуктами твердения портландцемента, значительно повышая прочность и улучшая качества пенобетона.

Повышение механической прочности объясняется в основном тем, что известняк, введенный в состав цементного камня, играет роль микронаполнителя, распределяющего внутренние напряжения, что уменьшает усадку и улучшает структуру пенобетона.

Существенное значение при этом имеет микроструктура и удельный вес известняка, вид цемента, а также происходящий в смеси «цемент — известняк — вода» процесс карбонизации раствора $Ca(OH)_2$ с образованием гидратов карбоната кальция.

Последние служат в твердеющей смеси центрами кристаллизации, наличие которых увеличивает силы сцепления (сращивания) цементного камня с поверхностью зерен известнякового наполнителя. При образовании тонких и тончайших стенок ячеистого материала указанное явление повышает механическую прочность пенобетона (особенно при влажном режиме твердения).

При введении известняковой муки в количестве до 50% от веса цемента осадки ячеистой массы в формах и появления трещин при твердении пенобетона не наблюдается.

Пенобетон с добавкой 20—30% известняковой муки оказался более морозостойким, чем пенобетон на чистом цементе.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОБЕТОНА

В качестве вяжущего применяется портландцемент марки не ниже 300, качество которого должно соответст-

[1] Изобретение Ю. К. Резникова, авторское свидетельство № 87309.

вовать требованиям ГОСТ 310-41 (начало схватывания не позднее 3 час., конец схватывания не позднее 5 час. после затворения). Перед применением в дело цемент следует просеять через сито с 64 *отв/см²*.

Заполнителем является известняковая мука получаемая тонким и сверхтонким помолом отходов дробления известняка, прочностью в сухом состоянии от 200 до 1 200 *кг/см²*.

Минимальная тонкость помола известняковой муки должна быть такой, чтобы на сите с 900 *отв/см²* оставалось не более 10%, а через сито с 4 900 *отв/см²* проходило не менее 60% пробы.

При производстве пенобетона применяются клееканифольный, смолосапониновый, «ГК» и другие пенообразователи.

Вода должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к ней при изготовлении строительных растворов и бетонов.

ПОДБОР СОСТАВА ПЕНОБЕТОННОЙ МАССЫ

Для выбора оптимального соотношения воды и пенообразователя необходимо приготовить 6 различных замесов пены, определить по прибору ЦНИПС-1 (через 0,5 часа, 1 час и 2 часа) характеристики пены и ее осадку и выбрать из них соотношение с наилучшими показателями.

Для выбора оптимального соотношения цемента и добавок приготовляют 3 замеса. Например, для пенобетона с объемным весом 400 *кг/м³* следует проверить смеси с соотношением (*Ц* : *Д*) 90 : 10; 85 : 15; 70 : 30.

Водовяжущий фактор $\left(\frac{В}{Ц + Д}\right)$ пенобетона назначается в зависимости от заданного объемного веса по консистенции массы, определяемой прибором ЦНИПС-2, показания которого должны соответствовать следующим значениям:

объемный вес в *кг/м³* . . .	500	600	700	800;
показания прибора в *см* . . .	3	5	7	9.

Водовяжущий фактор можно ориентировочно выбрать также по табл. 1.

Для уточнения величины водовяжущего фактора изготовляют три состава пенобетона, отличающиеся друг от друга значением водовяжущего фактора на ±0,02.

Таблица 1

Соотношение цемента и известняковой муки по весу	$\frac{В}{Ц + Д}$
100 : 0	0,52
85 : 15	0,46
70 : 30	0,45
60 : 40	0,43
50 : 50	0,43

Водовяжущий фактор, при котором пенобетон обладает наибольшей прочностью, считается оптимальным при данных материалах.

В табл. 2 приведен примерный расход материалов на 1 *м³* пенобетонной массы.

Таблица 2

Марка пенобетона в *кг/м³*	Наименование материалов	Расход материалов в *кг* на 1 *м³* пенобетона при соотношении цемента и известняка в % по весу					
		90 : 10	85 : 15	80 : 20	70 : 30	60 : 40	50 : 50
400	Цемент	308	291	273,5	254	219	182
	Известняковая мука (сухая)	55,5	73	90	109	144,5	182
	Вода	170,5	167,5	163	163	156	156
500	Цемент	385	365	342	318	274	227
	Известняковая мука (сухая)	69	91	113	137	181	227
	Вода	212	210	205	205	196	195

Расход клееканифольного пенообразователя для пенобетона марки 400 составляет 1,75—2,25 *л* на каждые 11—13 *л* воды, а для пенобетона марки 500—1,5—2 *л* на каждые 10—12 *л* воды.

Расход цемента, добавки и воды на 1 *м³* пенобетона заданного объемного веса можно определить по формулам

$$Ц = \frac{\gamma}{1,1\,(1 + n)};$$

$$Д = Ц \cdot n;$$

$$В = (Ц + Д)\,\frac{В}{Ц+Д}\,,$$

где $Ц$ — расход цемента на 1 $м^3$ пенобетона;
γ — объемный вес пенобетона в сухом виде;
1,1 — коэффициент, учитывающий наличие гидратной воды (10% от веса цемента и добавки);
n — число частей добавки, приходящихся на 1 часть цемента;
$Д$ — расход добавки на 1 $м^3$ пенобетона;
$В$ — количество воды на 1 $м^3$ пенобетона;
$\frac{В}{Ц+Д}$ — водовяжущий фактор (знаменатель состоит из веса цемента и добавки).

Объемный вес пенобетонной массы γ определяется по формуле

$$\gamma_{п} = Ц\left[(1+n) + \left(\frac{В}{Ц+Д} + 1\right) + В_{п}\right],$$

где $В_{п}$ — количество воды (вместе с водным раствором пенообразователя), подаваемое в пеновзбиватель.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПЕНОБЕТОННОЙ МАССЫ

Приготовление пенобетонной массы заключается в приготовлении пены и вяжущего раствора с последующим смешиванием их. Все эти операции выполняются в пенобетономешалках. Пену готовят обычным способом в пеновзбивателе. Вяжущий раствор можно приготовлять как сухим, так и мокрым способами.

При работе сухим способом в барабан пенобетономешалки заливают воду и загружают сухую смесь (цемент + + тонкомолотый известняк) в количестве, необходимом на один замес. Перемешивание продолжается 1—2 мин. до получения однородного без комков вяжущего раствора.

При работе мокрым способом цемент и известняк в количестве, необходимом на один замес, загружают в чашу бегунов и обрабатывают с минимальным количеством воды, обеспечивающим получение густопластичного не прилипающего к каткам раствора. Продолжительность

обработки зависит от зернового состава и прочности известняка в смешанном вяжущем и составляет около 5—10 мин.

При работе с заранее приготовленным на бегунах густопластичным известняковым шламом последний дозируют с учетом содержащейся в нем воды.

Вяжущий раствор и пену после проверки их качества загружают в барабан-смеситель пенобетономешалки и перемешивают 2—3 мин. до получения однородной по цвету ячеистой массы (без белых пятен пены).

По окончании перемешивания определяют объемный вес сырой ячеистой массы.

При наличии прибора ЦНИПС-2 определяют также консистенцию пенобетонной массы (через каждые 3—5 замесов). Отклонение объемного веса массы от заданного не должно превышать 10% для пенобетона с объемным весом 500 и 600 *кг/м³* и 5% для пенобетона с объемным весом 700 *кг/м³*.

Объемный вес сырой ячеистой массы можно корректировать временем ее перемешивания, а объемный вес твердого пенобетона — изменением количества цементно-известнякового раствора.

ФОРМОВКА ИЗДЕЛИЙ И УХОД ЗА ПЕНОБЕТОНОМ

Сырую ячеистую массу выгружают из барабана-смесителя пенобетономешалки в тачки, ящики-носилки или в подвесные ковши, транспортируют к месту расположения форм (опалубки) и заливают в них.

Установленная на поддоне форма (опалубка) не должна иметь щелей. Все неплотности в ней заделывают глиняным раствором. Изнутри опалубку смазывают отработанным автолом или другим маслом.

Ячеистую массу рекомендуется заливать слоями толщиной 20—30 *см*. С целью экономии места и опалубки можно производить многослойную заливку ячеистой массы в опалубку, высота которой больше высоты изделия; при этом слои массы разделяют песчаной прослойкой. Каждый слой заливают по истечении суток после затвердевания нижележащего слоя. Пенобетон выдерживают при температуре не ниже 10°.

Сроки распалубки пенобетонных блоков устанавливают опытным путем, с учетом активности цемента, соотношения составляющих и режима твердения.

Твердение пенобетона может происходить или во влажной среде в течение 28 дней, или достигаться посредством пропаривания при 70—85° в течение 12—18 час., или осуществляться на воздухе с систематическим увлажнением в течение 28 дней.

При влажном режиме твердения каждый блок, находящийся в штабеле, покрывается со всех сторон влажными опилками (или песком).

Режим пропаривания устанавливается опытным путем непосредственно на месте, причем подогрев пенобетона производится в течение 2—3 час., выдержка 8—16 час. и охлаждение 2—3 час. Пропариванию подвергают уже отвердевшие изделия (не ранее, чем через 12 час. после изготовления). После пропаривания изделия необходимо выдерживать в течение 5 дней во влажной среде.

При воздушном (естественном) режиме твердения блоки в летнее время поливают водой в течение 28 дней; из них первые 14 дней поливка производится 3—4 раза, а затем 2—3 раза в сутки. В процессе изготовления пенобетона ведется технологический журнал.

Правила приемки и методы испытания пенобетона с известняковым тонкомолотым заполнителем изложены в разделах III и IV ГОСТ 5742-51 на «Плиты термоизоляционные из неавтоклавного пенобетона».

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА

С целью проверки технических свойств пенобетона образцы его были подвергнуты испытаниям в лабораторных условиях. Образцы изготовляли на портландцементе марки 400, удовлетворяющем требованиям ГОСТ 310-41.

Использованная в качестве добавки известняковая мука, полученная тонким дроблением отходов известняка Муратовского месторождения, имела объемный вес 1 100 *кг/м³* и тонкость помола, характеризующуюся прохождением 75% пробы через сито с 4 900 *отв/см²*.

Пенообразователь при изготовлении образцов применяли клееканифольный.

Пену и пенобетон приготовляли в лабораторной пенобетономешалке.

Ячеистую массу заливали в металлические формы размером 7 × 7 × 7 *см*, и образцы через 24 часа воздушного твердения подвергали пропариванию в течение 7 час. в опалубке и 7 час. без опалубки при температуре 90°.

Результаты физико-механических испытаний образцов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Соотношение цемента и известняковой муки (в % по весу)	Объемный вес в *кг/м³*	Предел прочности при сжатии в *кг/см²*	Относительное изменение прочности в %
100 : 0	600	8	100
95 : 5	600	11,7	146,2
90 : 10	600	12	150
85 : 15	550	23	287,5
80 : 20	550	18,2	227,5
75 : 25	520	18	225
70 : 30	520	14	175
60 : 40	500	12,1	151
50 : 50	500	7,6	95

Вторая серия образцов была изготовлена также на портландцементе марки 400, удовлетворяющем требованиям ГОСТ 310-41, с добавкой тонкомолотого известняка Мураговского месторождения.

Зерновой состав известняка характеризовался следующими показателями: остаток на сите с 900 *отв/см²* — 12%; остаток на сите с 4 900 *отв/см²* — 22%, прошло через сито с 4 900 *отв/см²* — 60%.

Цемент и известняковая мука были взяты в следующих соотношениях: 100 : 0; 90 : 10; 80 : 20; 70 : 30; 60 : 40.

Водовяжущий фактор для указанных соотношений — 0,43; 0,46; 0,49 и 0,52.

Расчет состава производился для пенобетона с объемным весом 500 *кг/м³* на клееканифольном пенообразователе.

Приготовленная пенобетонная масса заливалась в металлические формы размерами 10 × 10 × 10 *см*.

Твердение образцов происходило: а) в естественных условиях в течение 28 дней; б) во влажных условиях в течение 28 дней; в) в камерах пропаривания в течение

Таблица 4

Отношение цемента и известняка в % по весу	$\frac{В}{Ц}$ = 0,43			$\frac{В}{Ц}$ = 0,45			$\frac{В}{Ц}$ = 0,49			$\frac{В}{Ц}$ = 0,52		
	пропаривание	влажная среда	естественные условия	пропаривание	влажная среда	естественные условия	пропаривание	влажная среда	естественные условия	пропаривание	влажная среда	естественные условия
100 : 0	9,3	9,2	7,5	8,9	11,7	10,7	—	9,6	7,7	10,3	16,7	11,8
90 : 10	6,7	9,6	6,8	6,1	11,7	6,9	4,4	8,3	7,7	9,55	13,5	10,9
80 : 20	5,94	17,1	7,3	8,6	14,5	9,6	3	8,35	8,4	6,1	10,54	8,35
70 : 30	7,18	16,4	8,1	4,7	9,3	6	3,5	12,1	7,2	5,25	9,45	5,35
60 : 40	7,6	12,1	8,1	4,2	7,7	5,4	3,55	11,55	6,1	4,65	9,45	5,45

12 час. при температуре 60° с последующим выдерживанием в естественных условиях в течение 5 дней.

Перед испытанием на прочность все образцы были высушены до постоянного веса.

Результаты определения предела прочности пенобетона марки 500 при сжатии образцов разного состава приведены в табл. 4.

Добавка известняковой муки, являющейся пластификатором, уменьшает количество воды, необходимой для получения пенобетонной массы оптимальной консистенции.

Пенобетон с добавкой известняковой муки изготовляется на одном из заводов строительных деталей с 1949 г. Известняковая мука здесь в сухом виде перемешивается с портландцементом в соотношении 70 : 30 (по весу).

Изготовление пенобетона производится обычным порядком.

Отформованные блоки пропаривают при температуре 70—80° в течение 12 час. Результаты физико-механических испытаний образцов заводского изготовления приведены в табл. 5.

Таблица 5

Соотношение цемента и известняковой муки в % по весу	Объемный вес в $кг/м^3$	Предел прочности при сжатии в $кг/см^2$	Режим твердения
100 : 0	500 500 500	7,8 5 5	Пропаривание 12 час. при температуре 80°
70 : 30	530 560 570	12,5 17,5 14	

Было определено также водопоглощение пенобетона по методике, установленной ГОСТ 5742-51; результаты испытаний сведены в табл. 6.

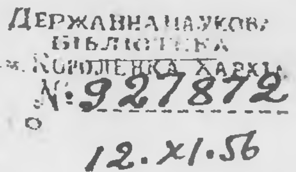
Испытания на морозостойкость показали, что пенобетон с оптимальной добавкой известняковой муки выдерживает 15-кратное попеременное замораживание и оттаивание. При этом потеря прочности и веса образцов не превышают норм, установленных ГОСТ.

Таблица 6

Соотношение цемента и известняковой муки в % по весу	Вес образцов в г			Водопоглощение в % по объему
	естественно влажных	насыщенных водой	просушенных	
100 : 0	495	645,2	485	16,5
80 : 20	575	629	480	15
60 : 40	595	750,5	576	18,4
50 : 50	338	551,7	371	18,4
40 : 60	420	612,9	413	20,9

Термоизоляционный пенобетон повышенной прочности рекомендуется применять для изготовления теплоизоляционных плит, скорлуп и т. п. изделий.

Более подробные сведения и консультацию по указанному изобретению можно получить в ЦНИЛ-3 по адресу: г. Люблино Московской области, Школьный проезд, д. № 3.



МСИМХП
ПЕНОБЕТОН
ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

Госстройиздат

Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Научный редактор - канд. техн. наук *Б. А. Новиков*

Редактор издательства *Ю. В. Крюгер*

Технический редактор *Н. К. Купцова*

Сдано в набор 16/VI 1956 г. Подписано к печати 11/VII 1956 г.
Т-04340. Бумага 84×108¹/₃₂ — 0,18 бум. л. — 0,61 печ. л. (0,55 уч.-изд. л.)
Тираж 3 000 экз. Изд. № XX-907/42. Зак. № 1251. Бесплатно.

Типография № 1 Государственного издательства литературы по строительству и архитектуре, г. Владимир